

- 1 -

**Verfahren zur Herstellung von Bauteilen, Verwendung desselben, luftgelagertes Werkstück und Vakuumbehandlungskammer**

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung von Bauteilen nach dem Oberbegriff von Anspruch 1, Verwendungen dieses Verfahrens nach den Ansprüchen 15 bis 18, ein an Luft gelagertes Werkstück nach Anspruch 19 sowie eine Vakuumbehandlungskammer nach Anspruch 20.

Definitionen:

Als innige Verbindungsverfahren werden Bonden (Schweißen, Löten), Kleben, Vergiessen sowie das Beschichten insbesondere in einem Vakuumbeschichtungsverfahren, sei dies PVD oder CDV oder davon abgeleitete Verfahren, verstanden, weiter sogenanntes "Direct Bonden", bei dem die Verbindung gut gereinigter Oberflächen direkt über interatomare Kräfte erfolgt, wie es z.B. beim direkten Waferbonden von Si auf Si, von Si auf SiO<sub>2</sub>, eingesetzt wird, weiter beim Verbinden von Metalloberflächen unter sich oder von Metalloberflächen mit Si-Oberflächen, z.B. Cu-Si oder Au-Si. Bei diesen Verbindungen ist immer mindestens eine der innig zu verbindenden Oberflächen eine Festkörperoberfläche.

Im Rahmen der vorliegenden Erfindung sind insbesondere angesprochen:

- Metalloberflächen, dabei insbesondere aus Cu, Ni, Ag, Au, Pd, Pb, Sn, In oder aus Legierungen mit mindestens einem dieser Metalle,
- halbm tallische Oberflächen, insbesondere aus Si, Ge, B, C, GaAs, GaN, SiC, ZnO oder aus einem Material mit mindestens einem dieser Halbmetalle,

- 2 -

- Keramische Oberflächen, insbesondere aus Quarz, Aluminium-Oxyd, Aluminiumnitrid, Zirkonoxyd, Bornitrid, Diamant, Siliziumnitrid,
- Kunststoffoberflächen auf Epoxy- oder Esterbasis, Polyimide, Polyvinylchloride, Polyäthylen, Polystyrol, Polyolymethakrylat, Polyamid, Polyurethan, Phenoplaste, Phenolharze, Siloxane, Teflon,
- insbesondere Materialien, wie sie typischerweise bei Verpackungsprozessen von Halbleitern ausgesetzt sind, nämlich gehärtete Epoxidharze (hardened epoxy resin), HLST-Materialien (Halbleiter-System-Träger) aus Epoxy (epoxy base laminate substrates), Lötstopplack, Photolack etc.

Wesentlich ist dabei, dass solche Oberflächen, welche der innigen Verbindung zu unterziehen sind, abschnittsweise unterschiedlich aus den verschiedenen genannten Materialien bestehen können. Die Energiezufuhr für das innige Verbinden ist in den meisten Fällen thermischer Art und wird zum Beispiel mittels beheizter Werkzeuge, joul'scher Wärme, UV-Strahlung oder vorzugsweise durch Ultraschall den zu verbindenden Oberflächen zugeführt oder aber durch Reaktionsenergie beim Kleben und ggf. auch beim Vergiessen.

Die vorliegende Erfindung wird insbesondere vorteilhafterweise beim Verpacken von integrierten Schaltungen eingesetzt. In diesem Sinne wird ihr Hauptanwendungsbereich auf dem Gebiet der Halbleiterindustrie gesehen. Allerdings kann die vorliegende Erfindung auch auf anderen Technologiebereichen eingesetzt werden, grundsätzlich in allen, bei denen im Rahmen des erfindungsgemässen Herstellungsverfahrens vor der Erstellung einer innigen Verbindung organische oder organisch/oxidische Kontami-

nationsverbindungen von der mindestens einen Festkörperoberfläche entfernt werden müssen.

Obwohl oben Oberflächenmaterialien definiert wurden, für die sich die vorliegende Erfindung erkantermassen eignet, ist zu  
5 bemerken, dass auch andere Materialoberflächen, wie z.B. Oxide, Nitride, Carbide, Oxinitride, Oxicarbide, Carbonitride, Oxicarbonitride mindestens eines der Metalle Ti, Ta, Zr, Hr erfindungsgemäss behandelt werden können, wenn man insbesondere das innige Verbinden durch Beschichten berücksichtigt.

10 Wie erwähnt, eignet sich das erfindungsgemässe Vorgehen insbesondere auch für Festkörperoberflächen, welche aus verschiedenartigen Materialien bestehen, insbesondere Bereiche, die unterschiedliche Materialien aufweisen. Bezüglich der innigen Verbindbarkeit stellen solche Mehrmaterial-Oberflächen besonders  
15 schwierige Probleme.

Beim sogenannten Verpacken von integrierten Schaltungen, als ein bevorzugtes Einsatzgebiet der vorliegenden Erfindung, werden mehrere Arbeitsgänge unterschieden, welche ein inniges Verbinden von Oberflächen im obgenannten Sinne umfassen:

20 1. Die einzelnen integrierten Schaltkreise werden aus einem Siliziumwafer herausgeschnitten, auf Halbleiter-Systemträger (HLST) aufgebracht und mit diesen verbunden (sogenanntes "dye-bonding"). Die zu verbindende HLST-Oberfläche ist üblicherweise aus Kupfer oder Nickel, Silber oder Gold und/oder  
25 aus einem Material auf Epoxybasis, generell aus einem Kunststoff, wie oben erwähnt. Beispiele solcher HLST sind gestanzte oder geätzte metallische lead frames, keramische Substrate oder BGA (ball grid arrays)-Substratträger aus Kunststoff oder auch Leiterplatten PCB (printed circuit bo-

- 4 -

ards). Als Verbindungsverfahren werden Hartlöten, Weichlöten und Kleben eingesetzt. Bei Flip Chip Solder-Prozessen wird die integrierte Schaltung auf einem HLST mittels geometrisch getrennter solder balls aufgebracht, welche gleichzeitig als I/O-Kontaktierung benutzt werden.

2. Verbinden der integrierten Schaltkreise mit Kontaktstützpunkten am HLST, wie z.B. am "lead frame": Die beteiligten Oberflächen sind metallisch, wie aus Al, Au, Cu, Ni, Pd, Ag, Pb, Sn oder Legierungen dieser Metalle. Hier werden als Verbindungstechniken vornehmlich Löten oder Schweiessen, dabei insbesondere flussmittelfreies Löten oder Ultraschallschweiessen, eingesetzt. Dieser Schritt ist als "wire bonding" (Draht-Bonden) bekannt.

3. Vergiessen ("moulding"): Bei diesem Verfahrensschritt werden die Schaltkreise auf den HLST, z.B. den lead frames, nach dem "wire bonding" mit einer Vergussmasse vergossen, wobei bezüglich Vergussmasse die obgenannten Oberflächen von HLST und integrierten Schaltkreisen beteiligt sind.

Aus der EP-0 371 693 ist ein Reinigungsverfahren bekannt im Rahmen eines Herstellungsverfahrens, bei dem die nachmals im obgenannten Sinne allein durch Zuführung von Energie zu verbindenden Oberflächen erst einer Mikrowellen-Plasmaentladung in einer Wasserstoff enthaltenden Vakuumatmosphäre ausgesetzt werden. Darnach wird ohne Vakuumunterbruch mittels der Plasmaentladung die vorgesehene Lötsschicht zum Verbinden der Oberflächen aufgeschmolzen. Somit wird eine verunreinigende Oberflächenbelegung, welche den anschliessenden Verbindungsprozess empfindlich stören würde, nur durch Vermeidung von Luftkontakt verhindert.

- 5 -

Aus der US 5 409 543 ist es weiter bekannt, aktivierten Wasserstoff zur Vorbereitung eines Lötvorganges einzusetzen. Dadurch wird eine Oxidschicht aufgeschlossen für den Durchgriff des Lötvorganges auf die Metalloberfläche.

- 5 Aus der EP-A-0 427 0 20 ist es weiter bekannt, eine Passiv- und Oxidschicht von Fügepartnern mittels einer Hochfrequenzplasma-Vorbehandlung mit einem Prozessgas zu dekapieren, d.h. aufzuschliessen. Als Prozessgase werden Gase bzw. Gasmischungen unter anderen aus  $O_2$ ,  $H_2$ ,  $Cl_2$ ,  $N_2O$ ,  $N_2$ ,  $CF_4$  etc. eingesetzt. Er-
- 10 folgt dabei das erwähnte Dekapieren nicht wie bei der US-A-5 409 543 unmittelbar vor dem Lötvorgang, so werden die Fügepartner in Schutz-Zwischenspeichern gelagert, wozu, zur Verhinderung einer Kontamination, geeignete Behälter unter Schutzgas vorgesehen werden.
- 15 Im Rahmen der drei obgenannten Verpackungsschritte haben sich mittlerweile zwei Plasmabehandlungsschritte eingeführt. Dies vor allem für Substratträgermaterialien aus Kunststoff ("plastic ball grid arrays - PBGA"). Die Plasmabehandlung vor dem "wire bonding" (Schritt 2) dient dazu, die Oberflächen der
- 20 metallischen Kontaktstützpunkte ("contact pads"), üblicherweise aus Aluminium, auf dem Dye (dem Chip) und die üblicherweise aus Gold bestehenden Kontaktstützpunkte auf dem Systemträger (HLST) zu reinigen, damit der elektrische Kontakt zum Verbindungs-
- 25 draht, üblicherweise Golddraht, gewährleistet ist. Die wichtigste Quelle der Verschmutzung dieser Kontaktstützpunkte ist ein vorgelagerter Behandlungsprozess ("curing") der zum Aushärten eines im obgenannte Schritt 1 eingesetzten Epoxyklebers eingesetzt wird.

- 6 -

Eine zweite Plasmabehandlung erfolgt meist erst nach dem "wire bonding" (Schritt 2), vor dem "moulding" Prozessschritt (Schritt 3). Diese zielt darauf ab, eine verbesserte Vergussadhäsion zu erzielen.

5 Beide erwähnten Plasmabehandlungsschritte erfolgten üblicher-  
weise in Vakuum, unter Plasma-Gasanregung. Dabei wird meist ein  
Hochfrequenz-, Mikrowellen- oder ECR-Plasma eingesetzt. Die  
Plasmaoberflächen-Wechselwirkung und der damit verbundene Rei-  
nigungsvorgang oder die Oberflächenmodifikation erfolgt über  
10 Sputtern und/oder eine chemische Reaktion mit plasmaangeregten  
Gasen. Für das Sputtern in nicht reaktiver Atmosphäre wird  
meist lediglich Argon eingesetzt und das Self bias-Potential  
des floatend betriebenen zu reinigenden Substrates ausgenutzt,  
um Argonionen zu letzterem hin zu beschleunigen und den er-  
15 wünschten reinigenden Materialabtrag zu erzielen. Beim plasma-  
chemischen Abtragen werden Reaktivgase, z.B. Sauerstoff, ange-  
regt, dissoziiert oder ionisiert, die dann eine Reaktion mit  
Oberflächenverunreinigungen, z.B. Kohlenstoff eingehen und die  
gasförmigen Reaktionsprodukte, wie  $\text{CO}_2$ , über das Pumpsystem ab-  
20 führen.

Aus der WO97/39472 derselben Anmelderin wie vorliegendenfalls ist, u.a. zum Einsatz wie die vorerwähnten Plasmabehandlungsverfahren, ein höchst vorteilhaftes Behandlungsverfahren bekannt geworden. Bei diesem Prozess wird bevorzugterweise in einer Plasmaentladung Wasserstoff angeregt, der dann sowohl Kohlenstoff von Oberflächen entfernt (z.B. über  $\text{CH}_4$ ), gleichzeitig aber auch Oxide an den beteiligten Oberflächen reduziert, zu  $\text{H}_2\text{O}$ -Gas. Dabei wird Sputtern vermieden, welches mit der Gefahr der Red position einhergeht, und der erwähnte Prozess kann uneingeschränkt auch auf metallische Substratträgermaterialien

- 7 -

oder Silberkontaktflächen angewendet werden, die in einer Atmosphäre mit angeregtem Sauerstoff, insbesondere in einem sauerstoffhaltigen Plasma, stark oxidieren würden. Dies würde zu einer Beeinträchtigung der "wire bondability" oder "mouldability" (siehe oben, Schritt 2 und 3) führen. Dies ist weiter besonders wichtig, falls man Anwendungen für die moderne Kupfermetallisierung von Chips ins Auge fasst. Eine ganz wesentliche Eigenschaft des erwähnten Prozesses ist weiter diejenige, dass über das Wasserstoffplasma die Oberflächen für eine technologisch ausreichende Zeit passiviert werden und so vor Eingehen einer innigen Verbindung im obgenannten Sinne an Luft gelagert werden können.

Nachteilig am genannten Prozess ist, dass das Prozessfenster, d.h. der Bereich der jeweiligen Prozessparameter, weiterhin, in gewissem Umfang, vom Material der zu behandelnden, nachmals innig zu verbindenden Oberflächen abhängt. So erfolgt beispielsweise die Plasmabehandlung der Substratträgermaterialien (strips) normalerweise in Magazinen. Diese Magazine weisen Schlitze auf, damit die im Plasma angeregten Gase bis zu den behandelnden Substratoberflächen in das Magazin eindringen können und die flüchtigen Reaktionsprodukte der Reinigung leicht aus dem Magazin gelangen und abgepumpt werden können. Dabei bestehen die Substratoberflächen, insbesondere bei den PBGA ("plastic ball grid arrays") strips, immer aus einer Vielzahl unterschiedlicher Materialien. Der "solder resist" ist dabei eine langkettige organische Verbindung, die Oberfläche des "Die" (Chips) besteht beispielsweise aus Polyimid oder Siliziumnitrid, die Metallisierungspartie meist aus Aluminium und Gold. Dabei ist nie auszuschliessen, dass sich weitere organische Verunreinigungen auf der Oberfläche des "solder resists"

- 8 -

aufhalten, die von vorgelagerten Prozessen, z.B. Reinigungs-  
 schritten, am Streifen stammen, sich während des Aushärtens des  
 Epoxies im "curing-Prozess" niederschlagen oder von gezielten  
 Oberflächenbehandlungen am "solder resist" resultieren, Behand-  
 5 lungen, um beispielsweise die Benetzbarkeit mit der Verguss-  
 masse (mould-Masse) zu fördern. Unter Umständen sind dabei  
 leichtflüchtige Verbindungen vorhanden, die besonders zu Beginn  
 der vorerwähnten Plasmabehandlung verdampfen. Dies führt insbe-  
 sondere in den erwähnten Magazinen - generell in kleinen Räumen  
 10 - zu lokal höheren Drucken, wobei es vorkommen kann, dass das  
 chemische Gleichgewicht aufgrund dieser lokalen Druckverschie-  
 bungen so verschoben wird, dass der reaktive Wasserstoff im  
 oben erwähnten Prozess Kohlenwasserstoffe nicht mehr entfernt,  
 sondern dass er eine Polymerisation fördert. Die Folge von sol-  
 15 chen Wiederbedeckungen kann äusserst vielfältig sein. So wird  
 z.B. auf den Kontaktstützpunkten ("contact pads") die "wire  
 bondability" bezüglich erzielter Abreisskraft ("pull strength")  
 herabgesetzt, oder es sind viel längere Behandlungszeiten er-  
 forderlich, um die abgeschiedene Schicht bei optimiertem Druck  
 20 und ggf. höherer Temperatur wieder zu entfernen. Aufgrund der  
 erwähnten Materialvielfalt an der zu behandelnden Oberfläche  
 kann aber beispielsweise eine verlängerte Behandlungszeit oder  
 eine intensivere Plasmabehandlung zwar die einen Flächen, wie  
 Metallflächen, besser behandeln, gleichzeitig aber andere, wie  
 25 den "solder resist" oder die Passivierungsschicht, so verän-  
 dern, dass sich die Haftung der nachmals aufzubringenden Ver-  
 gussmasse ("mould"-Masse) verschlechtert (s. Diskussion zu Ver-  
 suchen II).

Es ist Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Verfahren zur  
 30 Herstellung von Bauteilen eingangs genannt r Art zu schaffen,



bei welchem das Prozessfenster, insbesondere das Vorbehand-  
lungs-Prozessfenster, insbesondere dessen Abhängigkeit von un-  
terschiedlichen Oberflächenmaterialien, aber auch von Prozess-  
parametern, insbesondere von den Parametern "Druck" und

5 "Temperatur", verbreitert wird. Mit anderen Worten soll das erfindungsgemäss vorgeschlagene Verfahren unter erweiterten Parameterbereichen, wie Druckbereichen und/oder Temperaturbereichen, über die ganze erwähnte Materialvielfalt gleichermassen zufriedenstellende Resultate ergeben, was die Qualität der  
10 nachmals vorzusehenden innigen Verbindung anbelangt.

Aufgrund des erwähnten vergrößerten Prozessfensters soll auch eine verbesserte Homogenisierung der Behandlungs-Wirkungsverteilung auch an Multi-Material-Oberflächen gewährleistet sein.

15 Wie erwähnt sollen insbesondere die Ergebnisse auch für  
Substrate in Magazinen oder für Substrate mit engen Geometrien  
(Spalten, Löchern) sichergestellt werden. Da die plasmachemi-  
schen Reaktionen an den Substratoberflächen auch von der  
Substrattemperatur abhängen und es besonders bei der Plasmabe-  
20 handlung in Magazinen und auf ausgedehnten Substraten zu grö-  
sseren Temperaturgradienten kommt, soll die erwähnte Prozess-  
fenster-Vergrösserung auch die Uniformität fördern.

Damit soll eine gleichbleibende Oberflächen-Behandlung auch von Spalt-Oberflächen, von Loch-Oberflächen, von Nut-Oberflächen etc. an Substraten selber ermöglicht werden.

Im weiteren soll die Wiederbedeckung der behandelten Oberfläche durch Abscheiden bzw. Polymerisation verhindert werden, das Verfahren soll kostengünstig sein, und es sollen keine explosiven und/oder umweltschädlichen Gase eingesetzt werden. Ander-

- 10 -

seits sollen die Vorteile des letzterwähnten, bekannten Verfahrens gemäss der WO97/39472, insbesondere auch dessen Konservierungseigenschaften, beibehalten werden.

Diesbezüglich wird definiert:

- 5 • Passivierung bzw. passiviert: siehe Römpps Chemielexikon, Franksche Verlagshandlung, Stuttgart, Ausgabe 8, Seite 3005.

Darunter wird eine gebundene Schutzbelegung der Festkörper-Oberfläche verstanden. Die saubere Festkörper-Oberfläche wird vor atmosphärischen Lufteinflüssen geschützt. Dies erfolgt  
10 z.B. durch Bildung einer Oxid- oder Nitridschicht. Eine solche Schicht muss für die Erstellung einer innigen Verbindung obgenannter Art erst durch eine eigens dafür aufzubringende Energie aufgeschlossen werden, beispielsweise durch Aufbringen höherer Temperaturen, als für den eigentlichen Verbindungs-  
15 vorgang erforderlich, oder chemisch, z.B. durch Einsatz eines Flussmittels.

- Vom genannten Passivieren unterscheiden wir grundsätzlich das Konservieren, welches insbesondere keinen Schichtaufschluss durch zusätzliche Energie beim Verbinden erfordert. Diese  
20 Konservierung ist im Zusammenhang mit der Erfindung gemäss der WO97/39472 erkannt worden, wesbezüglich vollumfänglich auf diese Schrift verwiesen wird und diese als integrierter Bestandteil der vorliegenden Beschreibung erklärt wird.

Die Lösung des obgenannten Problems ergibt sich durch das Verfahren eingangs erwähnter Art und realisiert nach dem Kennzeichen von Anspruch 1. Demnach wird die Vorbehandlung mittels  
25 plasmaaktiviertem Gas vorgenommen, welches Stickstoff enthält.

- 11 -

Im weiteren enthält in einer bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemässen Herstellverfahrens das plasmaaktivierte Gas auch Wasserstoff.

Obwohl es durchaus möglich ist, eine beliebige der vielen bekannten Plasma-Entladungsarten einzusetzen, zur Plasmaaktivati-  
on des erwähnten Gases, wird in einer weitaus bevorzugten Aus-  
führungsform die erwähnte Plasmaentladung als Niederspannungs-  
entladung erzeugt, bevorzugterweise mit einer thermionischen  
Kathode.

Im weiteren enthält das plasmaaktivierte Gas bevorzugterweise ein Arbeitsgas, dabei bevorzugt ein Edelgas, insbesondere Ar-  
gon.

Auch wenn das erwähnte plasmaaktivierte Gas nebst Stickstoff andere Gaskomponenten umfasst, insbesondere Wasserstoff  
und/oder ein Arbeitsgas, umfasst es in bevorzugter Art und Wei-  
se überwiegend Stickstoff, es besteht gar, abgesehen vom ggf.  
vorgesehenen Arbeitsgas, aus Stickstoff.

Die innig zu verbindenden Festkörperoberflächen sind dabei me-  
tallisch und/oder halbm metallisch und/oder keramisch und/oder  
bestehen aus Kunststoff, insbesondere gemäss den einleitend er-  
wähnten, jeweilig bevorzugten Materialien. Insbesondere bevor-  
zugt handelt es sich bei den erwähnten Festkörperoberflächen um  
Oberflächen mit Bereichen unterschiedlicher Materialien, insbe-  
sondere der genannten Materialien.

Das innige Verbinden wird beim erfindungsgemässen Herstellungsver-  
fahren bevorzugt durch Kleben, Löten, Schweissen, Vergiessen  
oder Beschichten, dabei insbesondere Vakuumbeschichten, vorge-  
nommen oder durch das sogenannte "direkte Bonden".

- 12 -

Die erwähnte bevorzugt eingesetzte Niederspannungsentladung wird weiter bevorzugt mit einer Entladespannung  $\leq 30$  V und bevorzugt mit einem Entladestrom zwischen 10 A und 300 A, beide Grenzen eingeschlossen, betrieben, insbesondere bei 40 A bis 70

5 A.

In einer besonders bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemässen Verfahrens wird die mindestens eine nachmals innig zu verbindende Festkörperoberfläche nach der erwähnte Vorbehandlung und vor ihrer innigen Verbindung Luft ausgesetzt, für Tage  
10 bis hin zu Wochen.

Dadurch ist es möglich, die erwähnte Oberfläche nicht unmittelbar nach ihrer Vorbehandlung weiterzuverarbeiten und nicht zwingend am gleichen Ort: Es ergibt sich eine hohe Flexibilität bezüglich Rhythmus und Behandlungsort zur Realisation des erfindungsgemässen Verfahrens, ohne dass zusätzliche aufwendige  
15 Reinhaltevorkkehrungen, wie Schutzgaslagerung, vorzusehen wären.

In einer besonders bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemässen Verfahrens wird mindestens die eine Festkörperphase während der Vorbehandlung in einer Halterung gelagert, welche  
20 bezüglich des Plasmaentladungsraumes verengte Durchgriffsbereiche auf die erwähnte Oberfläche definiert. Dabei wird in der überwiegenden Zahl der Fälle die mindestens eine Festkörperphase durch ein scheiben- oder plattenförmiges Substrat gebildet, und es wird die Halteanordnung mit mindestens einem Durchgriff-  
25 schlitz ausgebildet.

Bevorzugterweise weist dabei die Halteanordnung mehrere der erwähnten Durchgriffsschlitze auf und bildet ein eigentliches Magazin.

- 13 -

Eine bevorzugte Verwendung des erfindungsgemässen Verfahrens besteht im Verbinden integrierter Schaltkreise mit HLST oder im elektrischen Kontaktieren integrierter Schaltkreise durch "wire bonding", oder für das Umhüllen von mit HLST verbundenen, durch "wire bonding" kontaktierten elektrischen Schaltkreisen mit einer Gussmasse.

Eine weitere bevorzugte Verwendung ist für Flip-Chip-zu-verbindende und zu positionierende integrierte Schaltkreise. Zum einen können die Lötunkte vom Oxid gereinigt und gleichzeitig passiviert werden, zum anderen wird nach der Plasmabehandlung eine bessere Benetzung des sogenannten "underfill" (eine mold-Masse, die das gap zwischen chip und chip-Träger ausfüllt, und die zum Auffangen mechanischer Beanspruchungen dient) erreicht.

Im weiteren wird das erfindungsgemässe Verfahren bevorzugt auch für Werkstücke der in Anspruch 17 spezifizierten Art eingesetzt. Es eignet sich das erfindungsgemässe Verfahren besonders auch für Chips mit Cu-Leiterbahnen, nach Anspruch 18.

Ein erfindungsgemäss plasmabehandeltes und an Luft gelagertes Werkstück kennzeichnet sich dadurch aus, dass die erwähnte luftausgesetzte Oberfläche gegenüber einer unmittelbar erzeugten Oberfläche des Werkstückes, die mithin nicht an Luft gelagert wurde, eine erhöhte Stickstoffkonzentration aufweist, was beispielsweise durch "Fourier transform infrared spectroscopy" mit "attenuated total reflection", FTIS-ATR und/oder mit "nuclear reaction analysis", NRA oder mit "time-of-flight secondary ion mass spectrometry", TOF-SIMS nachweisbar ist. Aufgrund der erhöhten Stickstoffkonzentration, welche auf die erfindungsgemässe Vorbehandlung hinweist, ist es möglich, das erfindungsgemä-



- 14 -

sse, luftgelagerte Werkstück unmittelbar und ohne weitere Vor-  
behandlung im obgenannten Sinne einer innigen Verbindung zuzu-  
führen. Dabei wird es möglich, in einer weiteren bevorzugten  
Ausführungsform des erfindungsgemässen Verfahrens, die innige  
5 Verbindung durch thermische Einwirkung an Luft zu erstellen,  
vorzugsweise bei einer Festkörpertemperatur von höchstens  
150°C.

Eine erfindungsgemässe Vakuumbehandlungskammer zeichnet sich  
weiter nach dem Wortlaut von Anspruch 20 aus, mit bevorzugten  
10 Ausführungsformen nach den Ansprüchen 21 und 22.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass die erfindungsgemäss  
erkannte und ausgenutzte Wirkung von Stickstoff, gerade auch  
bei Berücksichtigung der Lehrmeinung (s. J.L. Vossen et al.  
"Thin Film Processes", ACADEMIC PRESS, INC. 1978), wonach N<sub>2</sub>-  
15 Plasmen Polymeroberflächen nicht entfernten, überrascht.

Die Erfindung wird anschliessend beispielsweise anhand von Fi-  
guren und Beispielen erläutert. In den Figuren zeigen:

- 20 Fig. 1 schematisch, den Aufbau einer erfindungsgemässen Anla-  
ge, wie sie für die beschriebenen Versuche eingesetzt  
wurde,
- Fig. 2 die Auger-Spektren von Cu-Oberflächen ("lead frames")  
für die Erstellung einer Weichlotverbindung,
- Fig. 3 schematisch, die Definition der Zugbelastung bzw. Ab-  
reisskraft  $F_p$  von "wire bond"-Verbindungsstellen,
- 25 Fig. 4 die Resultate von Zugbelastbarkeits-Versuchen ("pull  
strength"), aus führt, wie anhand von Fig. 3 gezeigt,  
mit Wasserstoff-Argon-Plasmabehandlung (a), Argonplas-

- 15 -

mabehandlung (b), Behandlung in einem Ar/N<sub>2</sub>/H<sub>2</sub>-Plasma  
(c), Behandlung ein einem Ar/N<sub>2</sub>-Plasma (d),

Fig. 5 anhand eines Zeit/Zugbelastbarkeitsdiagramms den Lang-  
zeiteffekt der erfindungsgemäss eingesetzten Plasmabe-  
5 handlung bzw. die Zugbelastbarkeit erstellter inniger  
Verbindungen an erfindungsgemässen Werkstücken,

Fig. 6 in Analogie zur Darstellung von Fig. 4, Resultate wei-  
terer Zugbelastbarkeits-Versuche,

Fig. 7 schematisch, im Querschnitt, Flächenbereiche an  
10 Substraten, welche sich ebenfalls für den Einsatz des  
erfindungsgemässen Verfahrens eignen.

Wie erwähnt wurde, wird am erfindungsgemässen Herstellverfahren  
die Plasmaentladung zur Anregung des Gases weitaus bevorzugt  
als Niederspannungsbogenentladung ausgebildet. Anlagen der be-  
15 vorzugterweise eingesetzten Art sind bekannt, z.B. aus:

- DE-OS 43 10 941, entsprechend der US-5 384 018

- DE-40 29 270, entsprechend der EP-478 909 bzw. der DE-40 29  
268, entsprechend der US-5 336 326

- EP-510 340, entsprechend der US-5 308 950

20 Diese nur beispielsweise aufgeführten Schriften zeigen alle Be-  
handlungskammern für Werkstücke unter Einsatz von Niederspan-  
nungsbogenentladungen. Bezüglich der Ausbildung solcher Behand-  
lungskammern sollen diese Schriften integrierter Teil der vor-  
liegenden Beschreibung bilden.

25 In Fig. 1 ist ein bevorzugte Anlage für den Einsatz gemäss  
vorliegender Erfindung dargestellt. In einer Kathodenkammer 1

- 16 -

ist eine thermionische Kathode 3 isoliert montiert. Partien 17 der Kathodenkammer 1 umranden eine Blendenöffnung 9. Die Kathodenkammer 1 ist über Isolationsträger 22 an der Wand der Behandlungskammer 11 montiert. Es umschliesst ein Schirm 20, 5 der sowohl bezüglich Kathodenkammer 1 wie auch bezüglich Behandlungskammer 11 potentialschwebend betrieben wird, die Partien 17 auf Dunkelraumabstand  $d$  bis unmittelbar in den Bereich der Blendenöffnung 9. Die thermionische Kathode wird mittels einer Quelle 24 mit dem Heizstrom  $I_h$  betrieben und ist über 10 eine Spannungsquelle 26 und, generell gesprochen, eine Einheit 28 auf mindestens einen Teil der Kathodenkammerwand geführt, bevorzugterweise auf die Kathodenkammerwand selbst. Die Einheit 28 wirkt als Strombegrenzung und bewirkt in Funktion des sie durchfliessenden Stromes  $i$  einen Spannungsabfall  $u$ . Sie kann, 15 wie gestrichelt dargestellt, durch eine stromgesteuerte Spannungsquelle realisiert sein, wird aber bevorzugterweise durch ein passives Schaltelement, dabei insbesondere durch ein Widerstandselement 30, realisiert.

20 Der positive Pol der Spannungsquelle 26 kann auf ein Bezugspotential, sei dies Masse, oder ein weiteres vorgegebenes Potential gelegt werden oder kann potentialfrei betrieben werden, wie dies rein schematisch durch den Möglichkeitsumschalter 32 dargestellt ist. Desgleichen kann, da von der Kathodenkammer 1 25 elektrisch isoliert, die Behandlungskammer 11, wie mit dem Möglichkeitsumschalter 34 rein schematisch dargestellt, auf Massepotential, auf einem Bezugspotential oder gegebenenfalls sogar potentialschwebend betrieben werden. Die Behandlungskamm r-Innenwand 36 oder mindestens Partien davon können 30 bezüglich der thermionischen Kathode 3 als Anode geschaltet sein; bevorzugterweise wird aber eine separate Anode 38, wie



- 17 -

gestrichelt dargestellt, vorgesehen, welche über eine Spannungsquelle 40 mit Bezug auf die thermionische Kathode 3 anodisch, d.h. positiv, beschaltet wird. Die Anode 38 wird dabei bevorzugterweise als Werkstückträger für die schematisch  
5 eingetragenen Werkstücke W verwendet. Der Kathodenkammer wird über Gaszuspeiseleitung 41 ein Arbeitsgas, beispielsweise und vorzugsweise Argon, zugeführt. Ueber eine weitere, schematisch dargestellte Gaszuspeiseleitung 43, wie mit dem Möglichkeits-  
10 schalter 35 schematisch dargestellt, je nach Potentiallegung der Kammer 11 auf Potential legbar, wird das stickstoffenthaltende Gas  $G(X, Y, N_2)$ , vorzugsweise Stickstoff, von einer Gastankanordnung 50, zugeführt. Das Gas G wird über ein schematisch dargestelltes Ventil 52 eingelassen.

Als Werkstückträger 51 wird, insbesondere bei industriellem  
15 Einsatz des erfindungsgemässen Verfahrens, mit der schematisch in Fig. 1 dargestellten erfindungsgemässen Behandlungskammer ein Magazin 51 eingesetzt. Darin sind eine Mehrzahl zu behandelnder Substrate gestapelt und nur über front- und/oder rückseitige Einlegeschlitz für die Substrate sowie zusätzlich  
20 in die Magazinwand eingearbeitete Durchgriffsschlitz 51a mit dem Prozessraum P in der Kammer verbunden. Die geometrischen Verhältnisse H bezüglich der verbleibenden Kommunikationsöffnungen (Durchgriffsschlitz) zwischen den Substratoberflächen und dem Prozessraum P können dabei wesentlich geringer  
25 sein als der Dunkelraumabstand der in der Kammer unterhaltenen Plasmaentladung. Die erfindungsgemäss eingesetzte Oberflächenbehandlung ergibt sich durch das durch die Entladung angeregte Stickstoff-haltige Gas, welches durch die erwähnten Öffnungen bzw. Schlitz ins Magazin eintritt.

- 18 -

Bereits hier ist ersichtlich, dass das erfindungsgemäss  
eingesetzte Behandlungsverfahren sich mithin auch eignet, an  
Werkstücken bzw. Substraten schlecht zugängliche  
Oberflächenbereiche zu reinigen, wie an Kanten, an Bohrungen,  
5 Sacklöchern, Nuten etc., welche Oberflächenbereiche nachmals  
einer innigen Verbindung zuzuführen sind. Schematisch sind  
solche Oberflächenbereiche in Fig. 7 dargestellt.

Eine Pumpenanordnung 42 ist vorgesehen, um die Kammer 11 und ge-  
10 gegebenenfalls die Kathodenkammer 1 abzupumpen, wobei, wie darge-  
stellt, zusätzlich eine Pumpenanordnung 42a vorgesehen sein kann,  
um die Kathodenkammer getrennt abzupumpen. Die Blendenanordnung  
mit der Blendenöffnung 9 wirkt als Druckstufe zwischen Druck in  
der Kathodenkammer 1 und Druck in der Behandlungskammer 11.

15

Es bildet die Wand der Kathodenkammer 1 Zündelektrode: Zum Zün-  
den der Niederspannungsentladung wird die thermionische Kathode  
3 zur Elektronenemission mit dem Heizstrom  $I_H$  aufgeheizt, und  
es wird Argon in die Kathodenkammer eingelassen. Auf Grund der  
20 Abstandsrelation zwischen Wand der Kathodenkammer 1 und der  
Kathode 3 erfolgt durch Potentiallegung letzterer die Zündung  
der Entladung, worauf ein Strom  $i$  durch die Einheit 28, insbe-  
sondere den Widerstand 30, fliesst. Damit reduziert sich das  
vormals auf Zündwert liegende Potential  $\Phi_z$  der Kathodenkam-  
25 merwand 17, womit im Betrieb die Wandung der Kammer 1 nur noch  
in vernachlässigbarem Masse als Anode wirkt und die Primär-  
entladung durch die Blendenanordnung mit der Oeffnung 9 auf die  
behandlungskammerseitige Anode 38 gezogen wird.

- 19 -

Mit einer wie in Fig. 1 dargestellten Kammer wurden die Oberflächen zu verbindender Werkstücke behandelt. Es kann sich dabei z.B. um

- 5 - metallische lead frames für Weichlötten, beispielsweise aus Cu, vernickeltem Cu, silberplattiertem Cu,
- organische HLST-Materialien, wie BGA ("ball grid arrays") und MCM ("multi chip modules"), beispielsweise auf Epoxy-  
10 oder Esterbasis, sowie PCB ("printed circuit boards"),
- metallische QFP ("quad flat packs"), beispielsweise aus Cu, versilbertem Cu, Pd-plattiertem Cu,
- 15 - die Metallisierung der Leiterbahnen für die organischen HLST-Materialien und die QFP, beispielsweise aus versilbertem Cu, vergoldetem Cu, Au,
- Halbleitersubstratträger als Flip Chip ausgebildet mit Löt-  
20 punkten, beispielsweise aus AgSn, PbSn, PbSnAg, PbInAg,
- HLST-Materialien auf Keramikbasis, beispielsweise Aluminiumoxid,
- 25 - Oberflächenschutzschicht der Chips, beispielsweise aus Siliziumnitrid, Siliziumoxinitrid, Polyimid,
- direkt gebondete Si-Si-Wafers
- 30 handeln.

- 20 -

Behandlungsbeschreibung:

Die Behandlungskammer gemäss Fig. 1, welche für die zu beschreibenden Versuche verwendet wurde, hatte ein Volumen von

5

$$V \cong 150 \text{ l}$$

Die Werkstücke oben angegebener Art wurden in die Kammer eingeführt und letztere wie folgt betrieben:

10

1. Abpumpen auf Basisdruck von ca.  $10^{-5}$  mbar;
2. Aktivierung der Kathode 3 mit  $I_R$  ca. 190A;

2.1 Argon/Wasserstoffplasma (Referenzversuch)

- Entladestrom:
- Versuche I: 50A
  - Versuche II: 60A

15

Argonfluss: 20 sccm

- Behandlungszeit:
- Versuche I: 10 min.
  - Versuche II: 10 bzw. 20 min.

2.2 Vorbehandlung im Argonplasma (zweites Referenzbeispiel)

- 20 Entladestrom:
- Versuche I: 50 A
  - Versuche II: 60 A

Argonfluss: 20 sccm

- Behandlungszeit:
- Versuche I: 10 min.
  - Versuche II: 10 bzw. 20 min.

25 2.3 erfindungsgemässe Vorbehandlung (Komb.  $N_2 + H_2$ )

- Entladestrom:
- Versuche I: 50 A

- 21 -

• Versuche II: 60 A

Argonfluss: 20 sccm

Stickstoff- und Wasserstofffluss: Total 20 sccm, 4 Vol.% H<sub>2</sub>

Behandlungszeit: • Versuche I: 10 min.

5

• Versuche II: 10 bzw. 20 min.

2.4. erfindungsgemässe Vorbehandlung (nur N<sub>2</sub>)

Bogenstrom: • Versuche I: 50 A

• Versuche II: 60 A

Argonfluss: 20 sccm

10 Stickstofffluss (rein): 20 sccm

Behandlungszeit: • Versuche I: 10 min.

• Versuche II: 10 bzw. 20 min.

15 In allen Fällen wurde nach ca. 30 sek. Aufheizzeit der thermio-  
nischen Kathode mit einem Heizstrom von ca. 190 A, Zündspannung  
zwischen Kathode 3 und Zündelektrode 17 (siehe Fig. 1) gelegt.  
Der Widerstand 30 wurde zu ca. 20 Ohm gewählt und auf Masse ge-  
legt. Nach Zünden der Entladung (Zündspannung ca. 20 - 30 V)  
stellt sich eine Entladespannung zwischen Kathode 3 und Anode  
38 von ca. 25 V bei 50 A Entladestrom ein, unter bevorzugter  
20 Verwendung eines Schweissgenerators, wenn die Rezipientenwan-  
dung 11, auf Masse, als Anode eingesetzt wird.

Es werden Ionen und angeregte Neutrale erzeugt, wofür das typi-  
sche Plasmaleuchten Indiz ist. Die zu behandelnden Werkstücke  
in Magazinen wurden in dem so erzeugten Plasma oberflächenbe-  
25 handelt. Die Stickstoff- und gegebenenfalls Wasserstoff-

- 22 -

flüchtigen Verbindungen mit Verunreinigungen wurden mit der Pumpenanordnung 42 abgepumpt.

Der Arbeitsdruck betrug ca.  $5 \times 10^{-3}$  mbar.

Wie in Fig. 1 dargestellt, wurden Magazine S1 mit Durchgriff-  
5 schlitzbreiten H (s. Fig. 1) von 1 mm bis 10 mm verwendet.

Anstatt das Magazin und damit die Werkstücke auf Massepotential zu legen, können insbesondere letztere auch potential-fliegend (floating) oder auf ein anderes Referenzpotential gelegt der Plasmabehandlung ausgesetzt werden. Dadurch, dass das Potential  
10 der Werkstücke bezüglich Plasmapotential in der beschriebenen Niederspannungsentladung sehr niedrig ist,  $\leq 20$  V, wird sowohl das Problem der Redeposition von Material auf den Werkstücken, zu der es beim sogenannten Freisputtern kommt, wie auch und insbesondere die Gefahr der Zerstörung von bezüglich  
15 elektrischen Potentialdifferenzen kritischen IC's ausgeschlossen. Die Reinigung und Konservierung erfolgt allein über chemische Prozesse, die entweder durch Elektronen, bei entsprechend potential gelegten Werkstücken, oder durch niederenergetische Ionen und Elektronen bei fliegend (floatend) betriebenen Werk-  
20 stücken bewirkt wird.

Die grosse Zahl in das Plasma eingekoppelter Elektronen sichert eine hohe Reaktivität des Plasmas, damit kurze Behandlungszeiten, was massgeblich zur Wirtschaftlichkeit des vorgeschlagenen Verfahrens beiträgt. Ein weiterer Vorteil besteht darin, dass  
25 das Plasma in kleine Hohlräume eindringen kann, insbesondere in das dargestellte Magazin. Damit können z.B. Werkstücke ohne Entnahme aus den dargestellten Kassetten bzw. Magazinen behandelt werden, was besonders wirtschaftlich ist.

- 23 -

Es wurden als Werkstücke PBGA-HLST behandelt sowie "lead frames" mit Cu-Oberflächen für die nachmalige Erstellung einer Weichlotverbindung.

Resultate:

5 In Fig. 4 sind Zugbelastbarkeits-Resultate dargestellt. An den erfindungsgemäss behandelten PBGA-HLST wurde die Zubelastbarkeit bzw. Zugkraft  $F_z$  der innigen Verbindungen gemessen, welche durch Golddraht-wire bonding erstellt wurde. In Fig. 3 ist dieses Vorgehen schematisch dargestellt. Darin bezeichnen 53 die  
10 Verbindungsstelle mit der erfindungsgemässe behandelten Oberfläche eines "lead frames" 57a.

Die Oberflächen der behandelten Substrate waren vorgängig von den Herstellern in nicht bekannter Art und Weise behandelt worden. Nach dieser Vorbehandlung war die Gefahr einer Redeposition aus der Gasphase, d.h. Plasmapolymersation, an der Oberfläche  
15 absehbar.

An den nicht weiter behandelten Substraten, direkt von den Herstellern, konnten keine "wire bonding"-Verbindungen erstellt werden. Die resultierende Zugbelastbarkeiten sind in Fig. 4 für  
20 die Versuche I dargestellt. Dabei waren gerade die behandelten Substrate Substrate, welche für eine Argon/Wasserstoffplasma-Behandlung ungeeignet sind: Die befürchtete Redeposition aus der Gasphase, d.h. Plasmapolymersation, trat bei Argon/Wasserstoffplasma-Behandlung tatsächlich ein, wie die relativ  
25 schlechten Zugbeanspruchbarkeits-Resultate (a) zeigen.

Es wurde dabei eine Zugbelastbarkeit von ca. 3,3 cN gemessen.

Bei Behandlung im Argonplasma ergaben sich (b) leicht verbesserte Resultate, mit Zugbelastbarkeiten von ca. 3,6 cN. Dabei

- 24 -

führte offenbar allein das Erwärmen der Substratoberflächen und die damit verbundene Desorption schon zu besseren Werten, als man sie im Argon/Wasserstoffplasma aufgrund der Plasmapolymersation erzielte.

- 5 Deutlich bessere Werte wurden als Resultat der erfindungsgemässen Behandlung gemessen, nämlich im Argon/Stickstoffplasma mit geringem Wasserstoffanteil, im vorliegenden Fall von ca. 4 % gemäss (c) und im Argon/Stickstoffplasma gemäss (d). An dieser Stelle sei bemerkt, dass, wenn dem anzuregenden Gas G Wasser-
- 10 stoff beigemischt wird, dies jedenfalls zu einem geringeren Anteil erfolgen soll, als das Gas Stickstoff enthält.

Bei den erfindungsgemäss behandelten Substraten wurden Zugbelastbarkeiten von ca. 5 cN (c) bzw. von weit über 5 cN gemessen (d).

- 15 Grundsätzlich werden üblicherweise SOLL-Zugbelastbarkeiten an den beschriebenen Verbindungen von 5 cN verlangt.

In Fig. 5 ist der Langzeiteffekt der Reinigungswirkung für Substrate dargestellt, welche, wie eben beschrieben wurde, nach Versuch I (c) behandelt wurden, d.h. in Argon/Stickstoff-

20 /Wasserstoff(4 Vol<sub>N<sub>2</sub></sub>)-Plasmen.

Es ist einerseits die Zugbelastbarkeit  $F_p$  abgetragen, anderseits die Lagerzeit der behandelten Substrate an Luft bis zur Erstellung des "wire bondings".

Es zeigt sich, dass die gemessenen Zugbelastbarkeits-Werte gar

25 über sieben Tage innerhalb der Messgenauigkeit unverändert bleiben, d.h. dass es zu keiner Rekontamination der im erfindungsgemäss eingesetzten Plasmabehandlungsprozess freigelegten Oberflächen kam.



- 25 -

In Fig. 6 sind die Resultate der Versuche II in Analogie zu den Versuchen gemäss Fig. 4 dargestellt. Die mit "\*" bezeichneten Resultate ergaben sich bei 10-minütiger Behandlung, diejenigen mit "\*\*\*" bei 20-minütiger. Der Entladestrom betrug wie erwähnt 60 A. Es entsprechen sich die Versuche (a) bis (d) gemäss Fig. 6 und diejenigen gemäss Fig. 4. In Fig. 6 sind die Versuche an in Argonplasma behandelten Substraten nicht dargestellt, welche aber deutlich schlechter waren als die Versuche gemäss (a), d.h. im Argon/Wasserstoffplasma.

10 Daraus ist ersichtlich, dass trotz höheren Entladestromes, verglichen mit den Versuchen I, bei 10-minütiger Behandlung in Argon/Wasserstoffplasma (a) immer noch die geforderten 5 cN Zugbelastbarkeiten nicht erreicht werden. Für die Plasmabehandlungen gemäss (c) und (d) liegen sie aber bereits bei der erwähnten 10-minütigen Behandlung bei 60 A Bogenstrom weit über dem geforderten Wert, nämlich bei ca. 6,5 cN (c) bzw. bei 6 cN (d). Damit lassen sich im Argon/Wasserstoffplasma die ähnlich guten Resultate nur durch Verlängerung der Prozesszeit erreichen. Dies geht einher mit höherer thermischer Belastung der Substrate bzw. es können bei längerer Prozessdauer an Substraten mit anderen zusätzlichen Materialoberflächen unerwünschte Effekte auftreten. Während an Substraten, welche gemäss (c) bzw. (d) erfindungsgemäss behandelt worden waren, ein anschliessendes "molding" keinerlei Probleme bereitete, wurden an den gemäss (a) behandelten Substraten (Fig. 6) eine teilweise Delamination der "mold"-Masse beobachtet. Gerade dies zeigt, dass auch bezüglich Materialien, die zum Einsatz kommen, das erfindungsgemäss eingesetzte Behandlungsverfahren ein verbreitertes Prozessfenster aufweist.

- 26 -

Wesentlich ist noch zu bemerken, dass die anhand von Fig. 6 vorgestellten Zugbelastungsversuche an fünf Tage nach ihrer erfindungsgemässen Plasmabehandlung gebondeten Substraten vorgenommen wurden, wogegen die Versuche I gemäss Fig. 4 bei Bonden am gleichen Tage resultierten, an welchem auch die Plasmabehandlungen vorgenommen wurden.

In Fig. 2 sind schliesslich die Auger-Spektren von Cu-Oberflächen ("lead frames") für die Erstellung einer Weichlotverbindung dargestellt.

10 Das Spektrum (a) wurde an einem nicht erfindungsgemäss behandelten "lead frame" aufgenommen.

Das Spektrum (b) wurde nach einer zweiminütigen erfindungsgemässen Vorbehandlung gemäss Fig. 4, Versuche I (d), aufgenommen, das Spektrum (c) nach einer vierminütigen derartigen Vorbehandlung, schliesslich das Spektrum (d) nach einer sechsminütigen derartigen Vorbehandlung. Dabei zeigt insbesondere die Entwicklung der C-Spitze bei 271 eV sowie der N-Spitze bei 379 eV und der O-Spitze bei 503 eV die Reinigungswirkung des erfindungsgemässen Verfahrens. Die Substrate, an welchen die Spektren gemäss Fig. 2 aufgenommen worden waren, wurden mit den angegebenen Behandlungszeiten in Argon/Stickstoff/Wasserstoff(4 %)-Plasmen behandelt. Bei Behandlung im Argon/Stickstoff-Plasma gemäss (d) von Fig. 4 bzw. 6 bleibt das Verhalten bezüglich C und N im wesentlichen gleich, hingegen wird Sauerstoff nicht vollständig reduziert.

Erfindungsgemäss in einem Plasma mit Stickstoff behandelte und somit nachmals ohne weiteres luftlagerbare Werkstücke lassen sich, wie erwähnt wurde, an ihrer markant n Oberflächen-Stickstoff-Konzentration erkennen.

**Patentansprüche:**

1. Verfahren zur Herstellung von Bauteilen unter inniger Verbindung mindestens zweier Materialphasen, wovon mindestens die eine eine Festkörperphase ist und bei welchem Verfahren vor der  
5 innigen Verbindung mindestens die zu verbindende Oberfläche der Festkörperphase vorbehandelt wird, dadurch gekennzeichnet, dass die Vorbehandlung mittels plasmaaktiviertem Gas, welches Stickstoff enthält, vorgenommen wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass  
10 die Vorbehandlung mittels eines plasmaaktivierten Gases, welches Wasserstoff enthält, vorgenommen wird.
3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Plasmaentladung als Niederspannungsentladung erzeugt wird, vorzugsweise ab einer thermionisch elek-  
15 tronenemittierenden Kathode.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass man die Vorbehandlung mittels plasmaaktiviertem Gas vornimmt, welches überwiegend Stickstoff enthält.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Vorbehandlung mittels plasmaaktiviertem  
20 Gas vorgenommen wird, welches ein Arbeitgas, vorzugsweise ein Edelgas, insbesondere bevorzugt Argon, enthält.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass die mindestens eine innig zu verbindende  
25 Festkörperoberfläche metallisch und/oder halbm metallisch und/oder keramisch und/oder aus Kunststoff besteht.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass man das innige Verbinden durch Kleben, Löten, Schweissen, Vergiessen oder Beschichten, insbesondere Vakuumbeschichten, oder durch Direkt-Bonden vornimmt.
- 5 8. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass man die Niederspannungsentladung mit einer Entladespannung  $\leq 30$  V und vorzugsweise mit einem Entladestrom zwischen 10 A und 300 A (beide Grenzen einschliessend) betreibt.
9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass man die mindestens eine zu verbindende Festkörper-Oberfläche nach der Vorbehandlung und vor ihrem innigen Verbinden Luft aussetzt.
- 10 10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass das innige Verbinden durch Ultraschallschweissen realisiert wird.
- 15 11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass man mindestens die eine Festkörperphase während der Vorbehandlung in einer Halteanordnung lagert, welche bezüglich des Plasmaentladungsraumes verengte Durchgriffsbereiche auf die Oberfläche definiert.
- 20 12. Verfahren nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass die mindestens eine Festkörperphase durch ein scheiben- oder plattenförmiges Substrat gebildet ist und die Halteanordnung mindestens einen Durchgriffsschlitz hierfür aufweist.
- 25 13. Verfahren nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass als Halteanordnung ein Magazin (12) mit mehreren Durchgriffsschlitzen eingesetzt wird.

- 29 -

14. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass die innige Verbindung gar an Luft erstellt wird, vorzugsweise bei einer Festkörpertemperatur von höchstens 150°C.
- 5 15. Verwendung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 14 für das Verbinden integrierter Schaltkreise mit einem HLST oder für das elektrische Kontaktieren integrierter Schaltkreise durch wire bonding oder für das Umhüllen von mit den HLST verbundenen, durch wire bonding kontaktierten elektrischen Schaltkreisen mit einer Gussmasse.  
10
16. Verwendung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 11 für Flip-Chip-zu-verbindende und zu positionierende integrierte Schaltkreise sowie HLST, durch Aufschmelzen von Löt-punkten von Schaltkreis und HLST.
- 15 17. Verwendung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 13 für Werkstücke mit an schlecht zugänglichen Oberflächenbereichen, insbesondere Kanten, Durchbohrungen, Sackbohrungen, Spalten, Nuten, innig zu verbindenden Oberflächen.
18. Verwendung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis  
20 13 für Chips mit Cu-Leiterbahnen.
19. An Luft gelagertes Werkstück, dadurch gekennzeichnet, dass seine luftausgesetzte Oberfläche gegenüber einer unmittelbar erzeugten Oberfläche des Werkstückes eine erhöhte Stickstoffkonzentration aufweist, nachweisbar beispielsweise durch  
25 "Fourier transform infrared spectroscopy" mit "attenuated total reflection", FTIR-ATR und/oder mit "nuclear reaction analysis", NRA und/oder mit "time of flight secondary ion mass spectrometry", TO-SIMS.

20. Vakuumbehandlungskammer mit einer Plasmaentladungsstrecke, einer Gaseinspeisung in die Kammer, verbunden mit einer Gastankanordnung sowie mit einer Werkstückhalteanordnung, dadurch gekennzeichnet, dass die Gastankanordnung ein Gas mit Stickstoff enthält und die Halteanordnung mindestens einen gegen den Entladungsraum hin offenen Durchgriffsschlitz für ein scheiben- oder plattenförmiges Werkstück umfasst.

21. Behandlungskammer nach Anspruch 20, dadurch gekennzeichnet, dass die Plasmaentladungsstrecke eine Niederspannungsentladungsstrecke ist, vorzugsweise mit elektronenemittierender Heisskathode und/oder dass das Gas in der Gastankanordnung Wasserstoff und/oder ein Arbeitsgas, vorzugsweise mindestens ein Edelgas, insbesondere bevorzugt Argon, enthält, bevorzugt dabei Stickstoff zu einem überwiegenden Anteil.

15 22. Kammer nach einem der Ansprüche 20 oder 21, dadurch gekennzeichnet, dass die Werkstückhalteanordnung ein Magazin mit gestapelten Durchgriffschlitzen ist.